ENERGÉTICA IND.E COM. LTDA.
Rua Gravataí, 99 – Rocha
CEP 20975-030 Rio de Janeiro – RJ
CNPJ 29.341.583/0001-04 – IE 82.846.190
Fone: (0xx21) 3797-9800 Fax: (0xx21) 2241-1354
www.energetica.ind.br

HANDI-VOL

(AMOSTRADOR DE PARTÍCULAS PORTÁTIL)

MANUAL DE OPERAÇÃO

Responsável:

José Walderley Coêlho Dias

ENERGÉTICA - Rio De Janeiro	DATA: 12/09/2012	REVISÃO: 02

Esta versão atualiza a versão de 12/03/07 (Rev. 01)

ÍNDICE

Continua

ÍNDICE (continuação)

Continua

1.0 INTRODUÇÃO

O objetivo deste manual é apresentar as técnicas de calibração, operação e manutenção do Amostrador de Partículas ***HANDI-VOL***.

Recomenda-se, em complementação ao manual, ler a norma da ABNT para o Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS), NBR 9547, “Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume”.

Gostaríamos de salientar que este manual é muito mais do que um simples manual de equipamento, pois foi enriquecido com alguns procedimentos de garantia da qualidade, com a finalidade de prover o usuário com os meios necessários para a validação e apresentação dos dados obtidos em suas amostragens. A Seção 5.0 do manual, por exemplo, abordando o manuseio de filtros, é um exemplo de uma atividade de amostragem que normalmente não se encontra em um manual de equipamento.

Para conveniência do usuário, os formulários apresentados neste manual encontram-se em branco no Apêndice D, a fim de que possam ser reproduzidos e utilizados em serviço.

Para outras informações, não constantes neste manual, sugerimos comunicar-se com a ENERGÉTICA.

2.0 PRINCÍPIOS, MÉTODOS E APLICAÇÕES

2.1 Resumo do Método

O ***HANDI-VOL***, devidamente instalado num local de medição, puxa uma certa quantidade de ar ambiente através de um filtro, instalado no porta-filtro, durante um certo período de amostragem. Nota: No ***AGV PTS*** este período é normalmente de 24 horas. Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99 por cento para a coleta de partículas FDO (Ftalato de Dioctil) de 0,3 µm.

O filtro é pesado (após equilibração de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso (massa). O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão [25°C, 760 mmHg], é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração do material particulado em suspensão no ar ambiente é computada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e é expressada em microgramas por metro cúbico (µg/m^3):

$$C_p = \left(10^6\right)\frac{M_l}{V_p} \qquad \text{(Eq. 2.1)}$$

onde:

C_p = concentração de partículas totais em suspensão nas condições-padrão, µg/m^3
M_l = ganho líquido de material particulado no filtro durante a amostragem, g
V_p = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m^3
10^6 = fator de conversão, µg/g

Nota: A correção da concentração de partículas para as condições de referência ou padrão do CONAMA (as mesmas da US EPA), ou sejam 25 °C (298 K) e 760 mm Hg, é exigência de norma para partículas totais em suspensão (PTS) e partículas inaláveis (MP_{10}).

Na Equação 2.1, M_l é simplesmente a diferença entre o peso final do filtro (com coleta), M_f, e o peso inicial do filtro (limpo, sem coleta), M_i, pesados com uma balança com precisão de 0,1 mg. Os procedimentos de pesagem dos filtros são apresentados nas Seções 5.0 e 7.0.

Por sua vez, V_p é dado pela expressão

$$V_p = \left(Q_{pm}\right)(t) \qquad \text{(Eq. 2.2)}$$

onde:

V_p = volume total de ar amostrador em unidade padrão de volume, m^3 padrão
Q_{pm} = vazão média do amostrador corrigida para as condições padrão, m^3 padrão/min
t = tempo decorrido de amostragem, min

2.2 Faixa de Concentração e Tamanho das Partículas

Igualmente ao ***AGV PTS***, consegue-se, com o ***HANDI-VOL***, medir concentrações de partículas na faixa de 2 a 750 µg/m^3. Ressalta-se que, para obter isso, o usuário terá que ter à disposição uma balança com precisão de no mínimo 0,1 mg.

Por não ser dotado de nenhuma obstrução anterior ao filtro, ao contrário do ***AGV PTS***, que possui uma entrada em forma de teto em duas águas, o ***HANDI-VOL*** consegue coletar todo o tipo de partículas que chegam próximo do filtro. Por outras palavras, o ***HANDI-VOL*** coleta partículas com diâmetro superior ao diâmetro das partículas coletadas pelo ***AGV PTS***, que vai de 25 a 50 µm, dependendo da velocidade e direção do vento.

2.3 Vazão de Amostragem

A faixa de vazão do ***HANDI-VOL*** é em torno de 230 L/min (0,23 m^3/min), portanto seis vezes menor do que a vazão de trabalho do ***AGV PTS***, na faixa de 1,1 a 1,7 m^3/min. A razão principal para isso é o tamanho do filtro utilizado no ***HANDI-VOL***, com apenas 102 mm de diâmetro, comparado às dimensões de 203 mm x 254 mm do filtro empregado no ***AGV PTS***. A passagem de ar pelo filtro do ***HANDI-VOL*** é de apenas 80 mm de diâmetro aproximadamente.

O ***HANDI-VOL*** emprega um motoaspirador de ***AGV PTS*** de 240 V, trabalhando com voltagem de alimentação de 120 V. Os benefícios deste artifício são apresentados no item 3.3.

2.4 Capacidade do HANDI-VOL

Suponhamos o ***HANDI-VOL*** operando a uma vazão média de 0,23 m^3/min durante 24 horas. O volume de ar deslocado é portanto de 331 m^3. Caso a concentração de material particulado no ar seja, por exemplo, de 10 µg/m^3 (baixíssima!), a quantidade de material particulado retida no filtro é de 3,3 mg (número arredondado). Esta massa é baixíssima; porém, com uma balança com precisão de 0,1 mg, consegue-se realizar pesagens significativas.

2.5 Normas e Padrões

Não há métodos formais para a medição de partículas com o ***HANDI-VOL***. Entretanto, para os usuários interessados, recomenda-se familiarizar-se com o seguinte método da ABNT para medição de partículas totais em suspensão (PTS): **ABNT** - **NBR 9547** - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente, Determinação da Concentração Total pelo Método de Amostrador de Grande Volume, Set/1997.

Da mesma forma, recomenda-se ao usuário familiarizar-se com os Padrões da Qualidade do Ar aplicáveis à medição de partículas totais em suspensão (PTS) com o ***AGV PTS*** encontrados na Portaria Normativa Nº 308, emitida pelo IBAMA em 14 de Março de 1990 e aprovada pelo CONAMA em 29 de Junho de 1990.

2.6 Aplicações

As principais aplicações do equipamento são:

- Monitoramento da qualidade do ar pela determinação da concentração de material particulado em suspensão;
- Monitoramento de ambientes industriais internos (higiene industrial), incluindo coleta de amostras de materiais altamente tóxicos;
- Monitoramento de emissões fugitivas de processos industriais, onde não é possível a utilização de amostradores em chaminé.

3.0 O EQUIPAMENTO

O ***HANDI-VOL*** é constituído dos seguintes componentes principais:

- Suporte de alumínio anodizado, com alça, cintas, pés e cauda
- Porta-filtro de alumínio, com tela de inox, moldura de aperto e quatro manípulos (porcas) de aperto manual;
- Porta-motor de fibra de vidro, de forma cilíndrica, com flange para acoplamento ao porta-filtro;
- Indicador de vazão (rotâmetro), instalado numa aba lateral de alumínio;
- Cabo de força de extensão, com interruptor.

Dados técnicos do ***HANDI-VOL*** encontram-se no folheto do Apêndice A.

3.1 Suporte de Alumínio

Em operação, o ***HANDI-VOL*** trabalha na horizontal, com filtro em posição vertical.

Entretanto, para a troca de filtro e de placas de resistência durante a calibração, é necessário que o ***HANDI-VOL*** fique na posição vertical. Para isso o aparelho é dotado, na sua parte posterior, de uma “cauda” curvada, de modo a facilitar sua colocação na posição vertical. Quando na vertical, o ***HANDI-VOL*** fica apoiado na cauda e na extremidade posterior da alça, mantendo-se em equilíbrio.

Para abrir o porta-motor, para troca de escovas ou do reparo do motor, deve-se proceder da seguinte maneira:

1) Desconectar a mangueira do espigão no fundo do cilindro.
2) Desconectar o cabo elétrico do motor.
3) Caso o cabo do motor esteja passando por um furo na perna do ***HANDI-VOL***, desconectar o plug de seu cabo e retirar este do furo.
4) Afrouxar os 4 parafusos de aperto da cinta do cilindro.
5) Retirar a cinta, deslizando-a cuidadosamente para trás, ao longo do cilindro e do tubo de alça.

3.2 Porta-Filtro/Motor

O porta-filtro é constituído de uma metade de alumínio, anterior, para portar o filtro, e uma metade de fibra de vidro, cilíndrica, onde se aloja o motoaspirador. As duas metades do porta-filtro/motor são acopladas por suas flanges, apertadas com 6 conjuntos de parafusos, arruelas e porcas de inox.

A passagem de ar tem um diâmetro de aproximadamente 80 mm. Deve-se utilizar filtro de 4 polegadas (101,6 mm) de diâmetro, ficando uma borda de 10 mm para aperto.

O porta-filtro é dotado de 4 parafusos com manípulos de alumínio para aperto do filtro. A moldura vem com uma junta de borracha, apropriada para aperto do filtro. Recomenda-se não apertar demasiadamente a moldura com os manípulos; só o suficiente para manter vedada a borda de filtro.

O cilindro porta-motor tem internamente um batente circular, onde se apóia um anel de alumínio com junta de borracha. O motoaspirador, alojado, fica apoiado na junta de borracha do anel. Ao colocar o anel, certifique-se de que sua parte de alumínio fica apoiada diretamente no batente circular.

O cabo do motor sai do cilindro através de um prensa-cabo localizado na lateral circular.

No fundo do cilindro há dois furos. O do meio serve de estrangulamento à saída do ar de exaustão, criando-se pressão positiva dentro do cilindro, necessária para desviar uma alíquota de ar através do outro furo, menor, de onde sai a mangueira que se dirige ao rotâmetro.

Entre as grandes flanges do porta-filtro/motor deve-se notar um par de juntas de borracha especial. Estas juntas mantêm a vedação necessária, não só entre as flanges, como também entre o motoaspirador e a flange de alumínio do porta-filtro.

3.3 Motoaspirador

O motoaspirador usado no ***HANDI-VOL*** é da mesma marca que o utilizado no ***AGV PTS***.

O ***HANDI-VOL***, objeto deste manual, é para 120 V. Entretanto, o moto-aspirador utilizado é de 240 V, trabalhando, portanto, com velocidade pela metade. Com um moto-aspirador de 240 V instalado num ***HANDI-VOL*** plugado em 120 V, obtém-se:

Operação do aparelho em torno de 230 L/min (0,23 m^3/min). Nota: Pressupõe-se, para a obtenção dessa vazão, que o amostrador esteja operando com filtro de fibra de vidro modelo E55102MM instalado.

Alívio na operação do motor, pois sua refrigeração é direta e a passagem do ar pelo filtro é restrita (quando comparada com a do ***AGV PTS***).

Prolongamento quase duplicado da vida útil das escovas e do induzido do motor.

3.4 Indicador de Vazão (Rotâmetro)

A indicação da vazão, para cálculo do volume de ar amostrado, é obtida indiretamente através de um rotâmetro. Ver detalhes deste no folheto Dwyer do Apêndice B.

O rotâmetro instalado no ***HANDI-VOL*** vem com uma escala adimensional de 0 a 10. A correlação entre os valores (níveis da esfera) na escala e a vazão do ar que passa no aparelho é obtida através de um Calibrador Padrão de Vazão (ver Subseção 3.5).

Com o ***HANDI-VOL*** com filtro limpo, trabalhando a 120 V, recomenda-se que a esfera do rotâmetro seja mantida flutuando em torno do nível 3 da escala. Este ajuste é feito com o botão da válvula, localizado na parte inferior do rotâmetro.

Deve-se notar que a conexão entre o cilindro e o rotâmetro se dá por uma mangueira, que deve ser mantida apertada em ambos os bicos.

No rotâmetro, a tomada de ar é por baixo, já que o fluxo é de baixo para cima. A outra extremidade do rotâmetro é mantida aberta, para saída do ar.

3.5 Calibrador Padrão de Vazão de Médio Volume (CPVMV)

Para a calibração do ***HANDI-VOL***, utiliza-se um Calibrador Padrão de Vazão de Médio Volume (CPVMV)). Trata-se de um calibrador secundário, por sua vez calibrado contra um medidor padrão de volume de deslocamento positivo (do tipo Roots, por exemplo), também secundário, rastreável a um padrão primário oficial. O CPVMV é calibrado na sua faixa de uso, ou seja, de 0,2 m^3 a 0,3 m^3.

O kit de calibração fornecido pela ENERGÉTICA compreende:

* 1 copo de orifício (o CPV propriamente dito), identificado, com dados de calibração próprios
* 5 placas de resistência, com 8, 9, 11, 13 e 15 furos de 2,5 mm de diâmetro
* 1 placa adaptadora para fixação do copo de orifício na entrada do ***HANDI-VOL***
* 1 manômetro de coluna d'água, com 400 mm na escala
* 1 mangueira flexível para conexão entre o espigão da tomada de pressão no copo e um dos espigões no topo do manômetro;
* 1 estojo de madeira
* 1 certificado de calibração (ver Fig. 4.1, com exemplo)

Alguns dos componentes do kit de calibração são vistos na foto inferior do folheto ENERGÉTICA que se encontra no Apêndice A deste manual.

3.6 Energização/Desenergização

O ***HANDI-VOL*** é fornecido com um cabo de extensão de 5 m de comprimento, tendo, numa extremidade, um plug com pinos e, na outra, uma tomada. O cabo deve inicialmente ser conectado na tomada (de 120 V) mais próxima ao local de amostragem. Na outra extremidade do cabo, na tomada, são encaixados os pinos do plug do motor.

O cabo do motoaspirador fica cerca de 30 cm fora do cilindro. Para segurança, o cabo passa por um furo numa das pernas do aparelho, de modo a evitar danos devidos a puxões bruscos. O plug do motor pode ficar próximo à perna do aparelho, bastando, para isso, que se recolha o fio através do furo.

O cabo de extensão é dotado de um switch, para ligar e desligar o amostrador.

A tomada do cabo vem com uma saia de proteção. Caso queira medir a voltagem da alimentação do motor com um multímetro, o usuário deve fazer dois furos na saia para inserção dos terminais do instrumento.

4.0 PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

Rigorosamente, antes de iniciar um programa de amostragem com o ***HANDI-VOL***, ter-se-ia que se assegurar de que os seguintes instrumentos de amostragem e análise estão devidamente calibrados:

- Balança analítica (para as pesagens dos filtros)
- Higrômetro (para condicionamento dos filtros antes das pesagens)
- Termômetro (para medir a temperatura ambiente)
- Barômetro (para medir a pressão atmosférica)
- Relógio de precisão (para contagem do tempo de amostragem)
- Calibrador padrão de vazão - CPVMV (para a calibração do amostrador)

Todos os dados e cálculos das atividades de calibração devem ser registrados em livros ou pastas, um para cada equipamento.

4.1 Balança Analítica

Deve-se usar uma balança analítica de comprovada exatidão, calibrada e recalibrada conforme as normas brasileiras em vigor.

4.2 Higrômetro

O higrômetro usado para monitoramento do ambiente de condicionamento dos filtros deve ser recalibrado a cada seis meses, de preferência por uma empresa da Rede Brasileira de Calibração (RBC), acreditada pelo INMETRO.

4.3 Termômetro

Os termômetros utilizados em quaisquer etapas do monitoramento de partículas com o ***HANDI-VOL*** devem ser calibrados, pelo menos uma vez por ano, contra um padrão de reconhecimento oficial. Procure, na RBC, uma empresa apta a realizar calibração de termômetros.

4.4 Barômetro

Os barômetros utilizados para leituras de pressão nas calibrações e nas amostragens devem ser calibrados, pelo menos uma vez por ano, contra um padrão de reconhecimento oficial. Procure, na RBC, uma empresa apta a realizar calibração de barômetros.

4.5 Relógio de Precisão

Deve-se, para medir o tempo de amostragem, utilizar um relógio de precisão comprovada, de preferência um que não apresente erro de mais de 2 minutos em 24 horas.

4.6 Calibração do Calibrador Padrão de Vazão de Médio Volume (CPVMV)

Ver detalhes técnicos do CPVMV na Subseção 3.5.

A calibração do CPVMV resulta normalmente numa relação Q_p (vazão em condições padrão) versus *dH* (pressão diferencial manométrica), relação esta na forma de uma reta, definida por uma inclinação a_1 e um intercepto b_1. Aos clientes, a ***ENERGÉTICA*** fornece, com o CPVMV, um certificado de calibração, com os dados da calibração e a equação da reta obtida por regressão linear. Ver exemplo do certificado na Figura 4.1.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV)

CPVMV n°: _007_ **MPV (Medidor Roots) n°:** _NS9955000_ **Data Calibração** _31/08/00_
Data em Serviço ________________ **T_1 (K)** _296_ **P_1 (mm Hg)** _759_
Calibração realizada por _Angela Trindade_

DADOS DA CALIBRAÇÃO

	Placa ou Volts	t (min)	dH (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	20	*14,35*	*6,00*	*4,00*	*2,00*	
	25	*9,92*	*12,00*	*10,00*	*2,00*	
	30	*7,65*	*21,00*	*12,00*	*2,00*	
	35	*6,70*	*27,00*	*14,00*	*2,00*	
	40	*5,82*	*35,00*	*20,00*	*2,00*	

TABULAÇÃO DE DADOS:

V_p (m^3)	(Eixo - x) Q_p (m^3/min)	(Eixo - y) $[dHc(P_1/760)(298/T_1)]^{1/2}$	Regressão Linear
2,0003	*0,1394*	*2,4561*	$y = a_1x + b_1$
1,9844	*0,2001*	*4,4735*	
1,9791	*0,2587*	*4,5950*	a_1 = *17,7822*
1,9738	*0,2946*	*5,2102*	b_1 = *-0,0388*
1,9579	*0,3366*	*5,9321*	r_1 = *0,9999*

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE Q_p:

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES DO *HANDI-VOL*:

(Eq. 4.1)

Figura 4.1 Formuário de Calibração do CPVMV, com exemplo

Com o certificado do CPVMV, o usuário poderá determinar os vários valores para a vazão durante as calibrações posteriores do amostrador. A equação da reta, a ser utilizada, tem a forma:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right) \qquad \text{(Eq. 4.1)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPVMV, m^3/min
dH = perda de carga através do orifício do CPVMV, cm H_2O
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do ***HANDI-VOL***, mm Hg

T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do ***HANDI-VOL***, K (K = °C + 273)
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPVMV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPVMV

Nota 1: O usuário deverá observar que a reta acima dá a vazão (Q_p) corrigida para as condições padrão (760 mm Hg e 298 K).

Nota 2: Para fins didáticos, a ENERGÉTICA decidiu dividir todo o processo de utilização do ***HANDI-VOL*** em três fases, ou sejam:

- Fase 1 - Calibração do CPVMV
- Fase 2 - Calibração do ***HANDI-VOL***
- Fase 3 - Operação de amostragem com o ***HANDI-VOL***

A idéia de dividir em fases é para evitar confusão entre as condições (temperatura e pressão). Quando, por exemplo, o usuário ver T_3, isto se refere à temperatura na fase de operação com o amostrador. Na Equação 4.1, acima, deve-se atentar para o fato de que a_1 (inclinação da reta) e b_1 (intercepto da reta) dizem respeito à relação de calibração do CPV e de que T_2 e P_2 dizem respeito à temperatura ambiente e pressão barométrica durante a calibração do amostrador.

O CPVMV deve ser calibrado na sua aquisição e, subseqüentemente, em intervalos de um ano. Os copos de orifício do CPVMV devem ser inspecionados visualmente antes de cada aplicação. Sinais de amassaduras no orifício implica recalibração ou mesmo sucateamento do copo.

4.5 Calibração do *HANDI-VOL*

4.5.1 Considerações Preliminares

Grosso modo, o objetivo da calibração do ***HANDI-VOL*** é correlacionar, por meio do CPVMV, o nível da esfera do rotâmetro com a vazão de ar que passa no filtro.

Como se sabe, a concentração de material particulado no ar ambiente é calculada dividindo-se a massa de partículas coletadas no filtro pelo volume de ar amostrado, corrigido para as condições padrão (760 mm Hg e 298 K), e então expressada em microgramas por metro cúbico padrão ($\mu g/m^3$). Portanto, o resultado da calibração do amostrador deve fornecer a vazão nas condições padrão (Q_p).

As indicações do rotâmetro utilizado no ***HANDI-VOL*** são sensíveis a ambas a temperatura ambiente e a pressão barométrica. Deste modo, deve-se ter todo o cuidado na determinação dos valores médios para a temperatura (T_3) e pressão (P_3) durante o período de amostragem.

Resulta da calibração uma curva (reta) construída traçando-se uma linha por pontos de correlação entre vazão e flutuação da esfera do rotâmetro. Tem-se tradicionalmente traçado uma curva (reta) usando-se apenas 5 pontos, mas, na realidade, o usuário pode utilizar um maior número de pontos, tantos quanto queira. Também vale salientar que os pontos correspondentes às placas de resistência (tome-se as do CPV ENERGÉTICA como exemplo) são apenas cinco pontos - poderiam ser outros cinco pontos - convenientemente distribuídos para se levantar a curva. O importante, deve-se fixar em mente, é construir uma curva que cubra a faixa de trabalho do ***HANDI-VOL***, em torno de 0,23 m^3/min, como, por exemplo, com pontos que vão de 0,20 a 0,30 m^3/min.

Antes de descrever o procedimento de calibração, chama-se a atenção para a exigência de que a calibração propriamente dita seja realizada no mesmo local e posição em que se fará as amostragens. Portanto, a rigor, não se deve calibrar o aparelho num local e depois deslocá-lo para amostragem em outro local.

4.5.2 Material para a Calibração

- O CPVMV completo
- Um formulário para registro de dados (ver exemplo na Figura 4.2)
- Um termômetro de precisão para tomada da temperatura ambiente
- Um barômetro para tomada da pressão atmosférica. Caso não possua um barômetro, o usuário deve procurar obter o valor da pressão numa fonte a mais próxima possível, se possível no momento da calibração
- Panos para eventual limpeza do aparelho
- Uma prancheta para apoiar o formulário durante as anotações

4.5.3 Preparação Preliminar

1) Verificar se a mangueira está conectada entre o cilindro do porta-motor e a entrada inferior do rotâmetro. Ambas as extremidades devem estar bem encaixadas.

2) Colocar o ***HANDI-VOL*** em posição vertical (ver Figura 4.3).

3) Retirar a moldura de aperto do porta-filtro.

4) Colocar um filtro novo, reinstalar a moldura de aperto e apertar os manípulos.

5) Colocar o ***HANDI-VOL*** em posição horizontal (ver Figura 4.4).

6) Ligar o ***HANDI-VOL***, utilizando o switch no cabo de extensão. Verificar a marca do rotâmetro em que a esfera está flutuando. Como foi afirmado no item 3.4, a esfera deve flutuar em torno do nível 3 com o ***HANDI-VOL*** com filtro limpo e 120 V de alimentação do motor. Caso não esteja no nível 3, ajustar o nível da esfera com a válvula (botão inferior) do rotâmetro.

7) Desligar o aparelho.

8) Colocar o aparelho em posição vertical e retirar o filtro.

   Nota: Os passos de 4 a 8 acima serão desnecessários quando o usuário sentir-se seguro de que o rotâmetro está devidamente ajustado.

9) Instalar a placa adaptadora do CPVMV no porta-filtro. Apertá-la bem com os quatro manípulos de aperto. Não usar filtro, pois a calibração é toda feita apenas com as placas de resistência.

HANDI-VOL – GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO Formulário de Registro de Dados	Número: Data:	*12/00721* *11/09/12*
	Executante: Conferencista:	*Maria* *José*

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOL N°	*HDC-0072*	ROTÂMETRO N°	*MMA-23*

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local:	*Ener*	Data:	*11/09/12*	Hora:	*15:00*

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2):	*7616*	mm Hg	Temperatura (T_2):	*27*	°C

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n°	TYMEX 573	Data de validade:	*xxx*
Termômetro n°	TYMEX 573	Data de validade:	*xxx*

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV:	*CPVMV-0038*	Data última calibração	*31/08/12*		
Relação (reta) de calibração:					
Inclinação a_1:	*17,2580*	Intercepto b_1:	*0,00001*	Correlação r_1:	*0,999*

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial CPV - dH_c (cm H_2O)		Nível do Rotâmetro (N)
	p/cima	p/baixo	
15	10,8	10,1	3,85
13	9,1	9,1	3.50
11	8,1	8,0	3,20
9	5,6	5,5	2,90
8	5,8	5,7	2,50

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 4.2 Formulário de Registro de Dados – Geração da Relação de Calibração do HANDI-VOL

A figura mostra o HANDI-VOL em posição vertical. Vê-se o porta-filtro, a moldura de aperto, os 4 manípulos, o cilindro contendo o moto-aspirador, o rotâmetro e o sistema de sustentação, com alça, cintas, pés de borracha e cauda.

Figura 4.3 O *HANDI-VOL* em Posição Vertical

A figura mostra o HANDI-VOL em posição horizontal. Vê-se o porta-filtro, a moldura de aperto, os 4 manípulos, o cilindro contendo o motoaspirador, o rotâmetro e o sistema de sustentação, com alça, cintas, pés de borracha e cauda.

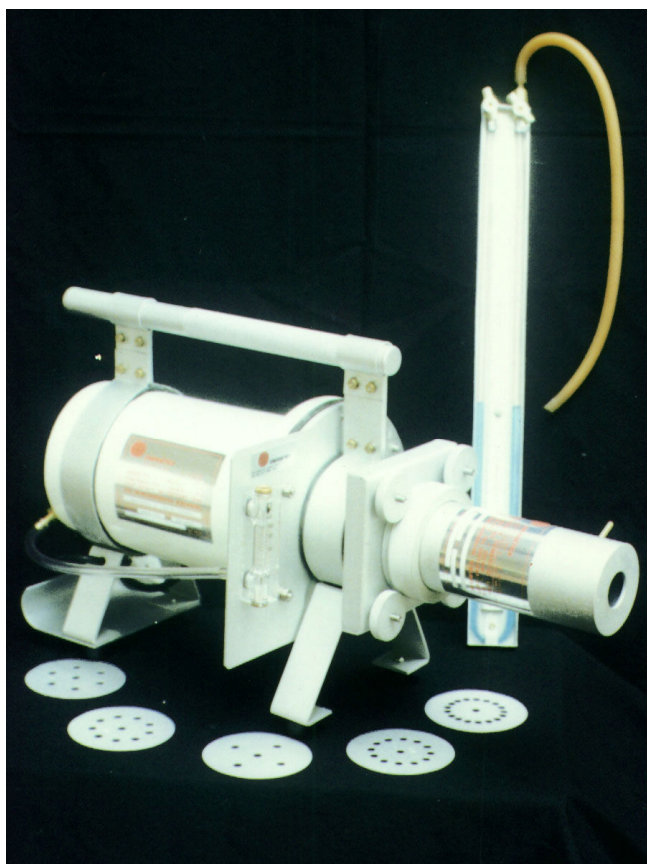
Figura 4.4 O *HANDI-VOL* em Posição Horizontal

A figura mostra o CPVMV instalado, com a placa adaptadora e os 4 manípulos de aperto, o manômetro (em pé), conectado pela mangueira de látex, e as 5 placas de resistência (discos perfurados)

Figura 4.5 O *HANDI-VOL* com o CPV Montado

10) Pegar o manômetro do CPVMV e colocá-lo na vertical. Verificar se o nível do líquido está próximo da metade da escala. Caso não haja líquido suficiente, completá-lo. Zerar o manômetro, coincidindo o zero da escala com o nível do líquido. Para movimentar a escala, afrouxar e apertar o manípulo existente no meio da escala.

11) Instalar o manômetro num local próximo, que o permita ficar na posição vertical.

12) Conectar, com uma mangueira (de preferência de silicone ou de PVC flexível), o manômetro ao bico da tomada de pressão no copo de orifício. A mangueira deve ser comprida o bastante para que não se tenha que conectá-la toda vez que se colocar o ***HANDI-VOL*** da posição horizontal para a vertical e vice-versa.

A Figura 4.5 mostra o ***HANDI-VOL*** com o CPVMV montado.

4.5.4 Passos para a Calibração

1) Anotar, no formulário de calibração (Figura 4.2), os seguintes dados iniciais:

    - Identificação do amostrador
    - Identificação do CPVMV
    - Local e data da calibração do amostrador

2) Determinar a temperatura ambiente (T_2) e a pressão barométrica (P_2) no local e anotar ambas as leituras no formulário de calibração.

3) Colocar então a placa de resistência Nº 15 sobre a sede circular da placa adaptadora. Nota: As normas pedem que se comece a calibração com a placa com o maior número de furos. Em seguida, monte o copo de orifício sobre a placa de resistência, apertando-o com sua rosca de acoplamento. Nota: Não instalar filtro no porta-filtro durante a calibração.

4) Ligar o amostrador e deixá-lo funcionar por 5 min, para que o ar de exaustão do moto-aspirador, dentro do cilindro, atinja equilíbrio térmico em face da energia calorífica liberada pelo motor. Ao se aquecer, o ar se expande, fazendo com que a esfera do rotâmetro se desloque um pouquinho para cima.

5) Dar então início ao levantamento dos valores da pressão diferencial no manômetro (*dH*) e do nível da esfera (*N*) para as cinco placas de resistência.

    Nota: O procedimento de aquecimento do motor acima, infelizmente, demanda muito tempo. Entretanto, como o calibrador ***ENERGÉTICA*** permite troca rápida das placas de resistência, não havendo tempo para que o motor e o interior do cilindro se resfriem, a ***ENERGÉTICA*** sugere que só se espere pelos 5 minutos inicialmente e, que, da segunda placa de resistência em diante, se prossiga rapidamente aos próximos passos. Deste modo, toda a operação não leva mais do que uns 20 minutos.

6) Registrar, no formulário, o *dH* (cm H_2O) indicado no manômetro para a placa nº 15 (já instalada). O *dH* é a soma dos deslocamentos dos níveis em ambos os lados do manômetro.

7) Fazer a leitura (nível de flutuação da esfera) no rotâmetro correspondente à placa n° 15. Anotar o valor na Coluna (5) do formulário.

8) Desligar o motor.

9) Mudar a placa de resistência para uma com o próximo número de furos em ordem decrescente (nº 13).

10) Anotar, na Coluna (2) do formulário, a pressão diferencial no manômetro (*dH*) para a placa 13.

11) Fazer a leitura (nível de flutuação da esfera) no rotâmetro correspondente à placa n° 13. Anote o valor na Coluna (5) do formulário.

12) Desligar o motor.

13) Repetir os Passos 9,10,11 e 12 para as três placas restantes (nº 11, nº 9 e nº 8).

14) Com os valores de *dH* e *N* anotados no formulário para as cinco placas, calcular

$$\sqrt{dH\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)}$$

para cada placa e anotar na Coluna (3). Anotados os valores na Coluna (3), partir para o cálculo da vazão em condições padrão (Q_p), a partir da inclinação (a_1) e do intercepto (b_1) da "reta" de calibração do CPV, obtida por regressão linear, da forma (Equação 4.1):

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dH\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} - b_1\right] \qquad \text{(Eq. 4.1)}$$

Anotar o valor de Q_p para cada placa na Coluna (4).

15) Corrigir, para cada placa, o valor do nível do rotâmetro pela expressão

$$N\sqrt{\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)}$$

e anotar na Coluna (6) do formulário.

16) Traçar a curva (reta) de calibração do amostrador plotando os valores de $N\sqrt{(P_2/P_p)(T_p/T_2)}$ na coluna (6) versus os valores de Q_p na coluna (4), ou calcular, por regressão linear, a inclinação (a_2) e o intercepto (b_2) da reta dada por

$$N\sqrt{\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} = a_2 Q_p + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.2)}$$

Nota: Algumas calculadoras manuais (como, por exemplo, a Hewlett Packard, Modelo 20S) já vêm com o programa de regressão linear embutido. Caso tenha dificuldade de obter uma calculadora apropriada, o usuário pode instalar, no seu micro, um software Excel com o programa. E, se assim mesmo, tiver dificuldade, uma solução é montar, no seu micro, seu próprio programa em Excel.

17) Após a determinação da relação de calibração (Eq. 4.2), verificar se cada ponto está dentro dos limites de linearidade (± 5 %). Nota: Uma maneira alternativa à metodologia acima para a verificação dos limites de linearidade consiste em determinar o fator de correlação *r* e considerar correta a relação de calibração apenas quando $r > 0{,}99$.

19) A vazão, Q_p, nas amostragens, é dada pela Equação 4.3.

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left[N\sqrt{\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right)} - b_2 \right] \qquad \text{(Eq. 4.3)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3/min
N = nível de flutuação da esfera do rotâmetro
P_3 = pressão barométrica durante a amostragem, mm Hg
T_3 = temperatura ambiente durante a amostragem, K (K = °C + 273)
a_2 = inclinação da relação de calibração do ***HANDI-VOL***
b_2 = intercepto da relação de calibração do ***HANDI-VOL***

4.6 Planilha Excel da Calibração

A Figura 4.6 apresenta um exemplar de planilha excel com os cálculos da calibração do ***HANDI-VOL***.

4.7 Periodicidade da Calibração do *HANDI-VOL*

O HANDI-VOL deve ser recalibrado nas seguintes instâncias:

- No recebimento do amostrador pelo cliente,
- Após manutenção do moto-aspirador (inclusive nas trocas de escovas),
- Toda vez que houver alteração no rotâmetro (ex.: reajuste da flutuação da esfera),
- Após deslocamento não supervisionado do amostrador para um outro local de amostragem,
- Quando decorrerem 360 horas de operação após a última calibração (recomendação da ***ENERGÉTICA***),
- Ou outra alteração significativa qualquer no sistema.

HANDI-VOL - GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO Planilha de Cálculo		
	Número:	**0072/12**
	Data:	**11/09/12**
	Executante:	**Maria**
	Confer.:	**José**

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOL	HDC-0072	ROTÂMETRO	MMA-23

DADOS GERAIS

Local:	Energética	Data:	11/09/12	Hora:	15:00

DADOS AMBIENTAIS

Pressão atmosférica durante a calibração: P_2(mmHg): **761**

Temperatura ambiente durante a calibração: T_2(°C): **26** T_2(K): **299**

Identificação dos padrões de presão e temperatura:

Barômetro n°	TYMEX576	Data de validade:	xxx
Termômetro n°	TYMEX-576	Data de validade:	xxx

DADOS DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV):

Identificação:: CPVMV-0038 Última calibração: 31/08/12

Relação de calibração (da regressão linear):

Inclinação a_1: 17,2580 Intercepto b_1: 0,0000 Correl. r_1: 0,9990

TABELA DE DADOS E RESULTADOS:

N	dHc (no orifício do copo) p/cima	p/baixo	total	(X) Qp	Nível do rotâmetro (N)	(Y)
Placa	cmH_2O			m^3/min		**
15	10,1	10,1	20,2	0,2602	3,85	3,8461
13	9,1	9,1	18,2	0,2469	3,50	3,4964
11	8,1	8,0	16,1	0,2323	3,20	3,1967
9	6,6	6,5	13,1	0,2095	2,90	2,8971
8	5,8	5,7	11,5	0,1963	2,50	2,4975

Para cálculo de Q_p na Coluna 4:)

$$Q_p(CPV) = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Nova Relação de Calibração do CVV

$$Y = a_2 X + b_2, \quad onde \quad X = Q_p \quad e \quad Y = dH_o\sqrt{\left(\frac{P_2}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_2}\right)}$$

Inclinação da reta (a_2): 19,7322

Intercepto da reta (b_2): -1,3326

Fator de correlação (r_2): 0,9918

Para cálculos posteriores da vazão do amostrador:

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(N\sqrt{\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right)} - b_2\right)$$

Exemplo com filtro de fibra de vidro instalado e P_3=P_2 e T_3=T_2

N= 3

Q_p= 0,2194 m^3/min

Figura 4.6 Planilha de Calibração do HANDI-VOL, em Excel, com exemplo

5.0 SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DE FILTRO

5.1 Características do Filtro

O filtro mais utilizado, há mais de 30 anos, na amostragem de partículas em suspensão é de fibra de vidro e é conhecido como tipo “padrão”. A ENERGÉTICA oferece um filtro tipo “padrão”, Ref. E55. O filtro “padrão” tem as seguintes características gerais:

- Eficiência de mais de 99,9 % (teste do FDO - Ftalato de Dioctil para partículas de 0,3 μm)
- Baixa reação a material corrosivo
- Baixa higroscopia.
- Resistente a temperaturas de até 540 °C
- Resistente a tensões, não se rompendo facilmente com o manuseio.

Além dos filtros tipo “padrão”, que se prestam quase que exclusivamente para a determinação por processo gravimétrico das partículas em suspensão, há filtros mais apurados, com baixo teor de contaminantes orgânicos e inorgânicos, para medidas de traços metálicos e não-metálicos, onde se requer análises químicas das amostras. Este tipo de filtro é conhecido como tipo “qualidade espectral”. A ENERGÉTICA oferece um tipo de filtro com características “qualidade espectral’, de fibra de vidro, Ref. E100.

Os dados técnicos dos filtros de fibra de vidro E55 e E100, fornecidos pela ENERGÉTICA, são apresentados na Tabela 5.1.

Um filtro deve, de preferência, ter baixa alcalinidade superficial, a fim de se evitar interferências positivas decorrentes da absorção de gases ácidos durante a amostragem. O ideal é que a alcalinidade se situe na faixa de pH de 6,5 a 7,5. Os filtros de fibra de vidro disponíveis comercialmente apresentam pH superior a 7,5; entretanto, são utilizados na determinação de partículas tais como as partículas totais em suspensão (PTS), visto que as normas aceitam, para estes tipos de partículas, pH na faixa de 6 a 10.

Caso o usuário não possa utilizar filtro com alcalinidade superior a 7,5, a alternativa então é utilizar filtro de quartzo, os quais, em geral, são do tipo “qualidade espectral”. Ver, na Tabela 5.2, dados técnicos do filtro de quartzo, Ref. EQTZ, fornecido pela ENERGÉTICA.

Na Tabela 5.3 o usuário poderá comparar os filtros de fibra de vidro e de quartzo oferecidos pela ENERGÉTICA com os filtros conhecidos da Gelman e GMW (hoje Thermo).

Cabe salientar também que outros tipos de filtro, como, por exemplo, o de celulose, poderão ser utilizados. De trato difícil, devido a sua alta higroscopia, o filtro de celulose torna-se, entretanto, imprescindível em certos tipos de amostragem, como é o caso das de ar com predominância de sílica, onde não se pode empregar filtros de fibra de vidro e de quartzo.

Atenção: Somente filtros com eficiência de coleta de $>$ 99 % para partículas de 0,3 μm (conforme determinado pelo teste do DOP da ASTM-D2986-71) devem ser usados.

5.2 Manuseio dos Filtros

Os filtros podem ser quebradiços e sujeitos a rasgos e quebras. O pessoal de campo e do laboratório deve portanto estar ciente destas características e manuseá-los com cuidado.

Uma quantidade de filtros, suficiente para um período $\geq$ 3 meses para cada amostrador, deve ser numerada e pesada em um lote, um filtro de cada vez. Empilhe os filtros dentro de sua caixa de embalagem (ou uma caixa de igual tamanho), separando um do outro por uma folha de papel colorido de aproximadamente 15 cm x 15 cm de tamanho. Certifique-se de que os filtros fiquem empilhados em ordem numérica, de modo que o operador os use na seqüência certa. Um lado da

TABELA 5.1

DADOS TÉCNICOS DOS FILTROS E55 E E100 (FIBRA DE VIDRO)

TIPOS DE FILTROS

E55 Tipo padrão, utilizado principalmente para a determinação de partículas totais em suspensão no ar ambiente.

E100 Tipo P.A., com baixo teor de contaminantes, utilizado também para a determinação da concentração de traços metálicos e certos orgânicos no ar ambiente

CARACTERÍSTICA S GERAIS

De fibra de vidro, com eficiência superior a 99,9 % na retenção de aerossóis de DOP (ftalato de dioctil) com diâmetro acima de 0,3 μm (teste ASTM-2986), baixíssima higroscopia, presença desprezível de material aglutinante e resistência a temperaturas de até 540 °C.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

Parâmetro	**Tipo**	
	E55	**E100**
Peso (g/m^2)	55	78
Espessura (mm)	0,22	0,32
Retenção de partículas:		
• líquidas	1,6	1,8
• Tempo de escoamento d'água (s) (*)	23	18
• Eficiência DOP	99,9	99,9
• Perda de carga (mmH_2O/5cm/s)	42	32

* Tempo filtragem 1 litro d'água deionizada a 20 °C através filtro de 9,6 cm^2 em vácuo 300 mm Hg

TRAÇOS METÁLICOS (ppm)

Elemento	**Tipo**	
	E55	**E100**
Ferro (Fe)	200	46
Níquel (Ni)	6,5	<1
Manganês (Mn)	10	0,5
Cromo (Cr)	16	<1
Chumbo Pb)	31	1
Zinco (Zn)	20.000	9,1
Cádmio (Cd)	1	0,1
Cobre (Cu)	4,5	2,6

TABELA 5.2

DADOS TÉCNICOS DO FILTRO DE QUARTZO EQTZ

GERAIS

O **EQTZ** é um filtro de alta pureza para a coleta e análise de quantidades minúsculas (traços) de partículas no ar ambiente, suportando altas temperaturas em fluxos gasosos. É feito de sílica (fibras de microquartzo) pura e fabricado em condições limpas.

O **EQTZ** é pré-tratado termicamente, assim reduzindo a traços seu teor de orgânicos e aumentando sua resistência à tensão.

O **EQTZ** tem um eficiência altíssima, superior a 99,9%, na retenção de aerossóis de DOP (ftalato de dioctil) com diâmetro acima de 0,3µm (teste ASTM-2986).

APLICAÇÕES

- Amostragem em chaminé (CIPA)
- Amostragem e monitoramento de aerossóis
- Análise espectrofotométrica por absorção atômica
- Análise espectrofotométrica por emissão de chama
- Fluorescência por raios-X e análise espectrográfica
- Pode ser usado em temperaturas de até 1400°C

RESULTADOS DE TESTES ANALÍTICOS
(Teores em microgramas/polegada ao quadrado)

NH_4^+	0,22 ± 0,07	Cr < 0,06	Ni < 0,06
SO_3	0,10 ± 0,02	CO < 0,01	Sn < 0,12
SO_4	0,37 ± 0,07	Cu < 0,12	V < 0,12
NO_3	20	Pb < 0,025	Zn < 0,06
Cl-	0,12 ± 0,03	Mn < 0,12	Cd < 0,06
Be	<0,01	Mo < 0,1	As < 1,25

- pH na faixa de 6 a 7

DIMENSÕES DISPONÍVEIS

Retangular (AGV PTS)	254 X 203 mm
Disco (CIPA)	65 mm, 110 mm

- Espessura aproximada de 0,4 mm.

TABELA 5.3

DADOS COMPARATIVOS ENTRE OS VÁRIOS TIPOS DE FILTRO
(Dados em μg/Folha de 8” x 10”)

“Impurezas”	Fibra de Vidro					Quartzo
	Energética E55	G810	Gelman A	Energética E100	Gelman A/E	Energética EQTZ
Alumínio (Al)						<633
Antimônio V)			30		20	<9,6
Arsênio (As)			30		20	<100
Bário (Ba)						
Berílio (Be)			1		1	<0,8
Bismuto (Bi)			10		10	
Cádmio (Cd)	3	3	5	0,4	2	<4,8
Cálcio (Ca)						<366
Chumbo (Pb)	88	88	20	4	10	<2,0
Cloro (Cl)						<9,6
Cromo (Cr)	45	45	10	<4	10	<4,8
Cobalto (Co)			10		10	<0,8
Cobre (Cu)	13	13	2	11	2	<9,6
Estanho (Sn)			10		10	<9,6
Ferro (Fe)	795	795	2300	185	100-1800	<63
Flúor (Fl)						
Manganês (Mn)	28	28	200	2	2	<9,6
Mercúrio (Hg)			100		80	
Molibdênio (Mo)			10		10	<13,6
Níquel (Ni)	18	18	10	<4	10	<4,8
Selênio (S)			5000		200	
Titânio (Ti)			170		10	
Vanádio (Vd)			10		10	
Zinco (Zn)	56800	56800	5000	37	90	<9,6
Peso folha	2,8 g	2,8 g	4 g	4,03 g	4 g	3,33 g

caixa pode ser cortada, de tal forma que o operador possa retirar os filtros sem danificá-los.

Cada filtro deve receber um número de série; por exemplo, 10001, 10002, 10003 e assim por diante. O número deve ser carimbado em dois lados diagonalmente opostos do filtro, bem próximo da borda. Utilize o lado menos áspero do filtro para numerar. Tenha o máximo cuidado para não danificar o filtro. Caso não tenha um carimbo, utilize uma caneta esferográfica com ponta a mais grossa possível. Escreva com cuidado e de forma a deixar o número bem claro. Evite duplicação ou omissão de números.

Além dos filtros, o operador do amostrador no campo deve portar sacos de plástico, pastas e envelopes reforçados, para proteção dos filtros com coleta durante o envio (que pode ser por porte aéreo) para o laboratório. Os envelopes, além da impressão para endereçamento num lado, poderá ter colado no verso o próprio formulário de campo para registro das amostragens (ver Figura 5.1).

5.3 Inspeção Visual dos Filtros

Todos os filtros devem ser inspecionados visualmente, antes de sua pesagem inicial, sendo rejeitados aqueles encontrados com defeitos. A inspeção deve, de preferência, ser feita contra uma fonte de luz plana (igual à usada em checagens de raios-X). Deve-se procurar principalmente pelos seguintes defeitos:

1) Furinhos--Um furo pequeno, aparecendo como um ponto de luz distindo e obviamente brilhante, quando examinado sobre uma mesa ou tela luminosa, ou como um ponto escuro, quando observado sobre uma superfície negra.

2) Material solto--Qualquer outro material solto ou partículas de poeira no filtro, que deva ser removido antes da pesagem do filtro. Utilize uma escova bem macia para a remoção.

3) Descoloração--Qualquer descoloração obviamente visível, que possa ser evidência de contaminação.

4) Não-uniformidade do filtro--Qualquer não uniformidade obviamente visível na aparência do filtro, quando observada sobre uma mesa luminosa ou superfície negra, que possa indicar gradações da porosidade através da face do filtro.

5) Outros--Um filtro com qualquer imperfeição não descrita acima, tal como superfícies irregulares ou outros resultados de pobre fabricação.

5.4 Equilibração dos Filtros

Os filtros devem ser equilibrados num ambiente condicionado, por pelo menos 24 horas, antes de serem pesados. Neste ambiente, a umidade relativa (UR) deve ser mantida constante em torno de um valor médio abaixo de 50 %, com uma variação de não mais que ± 5 % durante todo o tempo de condicionamento. O ideal seria que a umidade permanecesse em torno de 40 %. Já a temperatura, deve ser mantida constante em torno de um valor médio entre 15 e 30 °C, com uma variação de não mais que ± 3 °C. A UR e a temperatura devem ser checadas e registradas nos dias de equilibração (manualmente ou com um termohigrógrafo), assegurando-se assim a conformação com as diretrizes acima.

No Apêndice C, repete-se a descrição da ABNT (NBR 9547) para uma a câmara de condicionamento e pesagem. Na câmara descrita, atente-se para a existência, dentro da câmara, de uma balança analítica, de um higrômetro, de um termômetro e de um recipiente com sílica-gel.

HANDI-VOL – AMOSTRAGEM Formulário de Registro de Dados	Número:	
	Data:	
	Executante:	
	Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOLN°		ROTÂMETRO N°	

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local:		N° estação	
Período nominal de amostragem:		horas	
Período de amostragem:	Data – início:		Data – final:
	Hora – início:		Hora – final:

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (P_3 ou P_s): ____ mmHg Temp. média (T_3 ou T_s): ____ ºC

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): ____ mmHg Temp. CONAMA (T_p): ____ ºC

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Data da última calibração:

a_2 = ____ b_2 = ____ r_2= ____

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Leitura d0o rotâmetro (nível da esfera):	Inicial:		Final:	
Leitura do horâmetro (h/100):	Inícial:		Final:	

DADOS DA PESAGEM

Peso inicial do filtro (M_i): ____ *Ident. Filtro:* ____

Peso final do filtro (M_f): ____

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado conforme programação?	Sim		Não	
A vazão se manteve na faixa de 200 a 300 L/min?	Sim		Não	
A esfera está flutuando livremente no rotâmetro?	Sim		Não	
Motoaspirador e escovas em boas condiçõe?s	Sim		Não	
As juntas do filtro e do motor em boas condições e bem apertadas?	Sim		Não	

OBSERVAÇÕES

Não houve qualquer evento incomum durante a amostragem

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 5.1 Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o HANDI-VOL

Caso não possua uma câmara de equilibração (condicionamento e pesagem), o usuário pode usar uma sala com ar-condicionado para equilibração, contanto que possa ser mantida, durante a equilibração, nas faixas exigidas para a UR e a temperatura. Da mesma forma, deve-se manter um termômetro e um higrômetro na sala.

Defeitos na câmara de equilibração, discrepâncias e atividades de manutenção devem ser registrados num livro mantido no laboratório, que inclua anotações sobre a câmara de equilibração.

5.5 Pesagem Inicial (Tara)

Deve-se numerar e pesar, ao mesmo tempo, um lote de filtros que seja suficiente para pelo menos três meses de amostragem.

Os filtros devem ser pesados numa balança analítica com resolução de pelo menos 0,1 mg e precisão de 0,5 mg. Cada balança usada nos procedimentos de pesagem deve ser identificada por um número. Cada balança deve receber um bloco de números de identificação de filtros, para uso seqüencial. São os seguintes os procedimentos:

1) Certifique-se de que a balança foi calibrada (pelo menos uma vez por ano) e mantida de acordo com as recomendações do fabricante. Caso a balança esteja descalibrada, mande-a para calibração seguindo as instruções do fabricante.

2) Zere a balança de acordo com as instruções do fabricante.

3) Realize uma verificação com “pesos padrão” da balança analítica.

4) Caso os filtros sejam pesados fora da câmara condicionada, tome cuidado para evitar interferência com as partículas higroscópicas do ambiente, e inicie o procedimento de pesagem dentro de 30 segundos. Pese o filtro de acordo com as instruções do fabricante, assegurando-se de que esteja obtendo leituras estáveis. Em intervalos de rotina, verifique o zero e a calibração da balança.

   Nota: Tome cuidado ao carregar e descarregar a balança com o filtro. A borda do filtro não deve bater na porta da balança. O filtro pode quebrar ou pode desprender-se material do filtro.

5) Coloque o filtro tarado, com seu número de identificação para cima, em seu recipiente original ou numa caixa de tamanho comparável. Coloque uma folha de papel colorido, indicador, com 15 x 15 cm, entre cada filtro.

6) Anote o número da balança, o número de identificação do filtro e a tara (peso inicial do filtro) numa folha de controle das pesagens tal como a mostrada na Figura 5.2. Quando encadernadas, estas folhas servem como livro de anotações das pesagens no laboratório. Qualquer peso de filtro fora da faixa de 0,5 a 0,6 g deve ser investigado imediatamente. Numere seqüencialmente cada folha do formulário no seu canto superior direito. O número de identificação do filtro e a tara (peso inicial) do filtro são também anotados na folha de campo (Figura 5.1) e na folha opcional para registro geral das amostragens (ver Figura 5.3 com exemplo), mantida no laboratório.

7) Realize verificações da qualidade da tara e do peso bruto.

Número ident. Balança: *543201*

Operador da Balança: *José Silva* **Supervisor de CQ:** *João Soares*

Data	N° Filtro	Tara da Balança	Tara (g)	Peso Bruto (g)	Análise Adicional
25/05/00	*10001*	*0,0000*	*0,4975*	-	-
	10002	*0,0000*	*0,5001*	-	-
	10003	*0,0001*	*0,4981*	-	-
03/06/00	*10001*	*0,0000*	-	*0,5182*	-
	10002	*0,0000*	-	*0,5236*	-
	10003	*0,0000*	-	*0,5208*	-

Figura 5.2 Exemplo de Folha de Controle das Pesagens

FOLHA DE REGISTRO DAS AMOSTRAGENS

LOCAL AMOSTRADOR Estação b3 Rua Belisário, 23 - Itaperuna - RJ	**AMOSTRADOR n°** *HDC-0028*

DATA				CONC.		FILTRO	VAZÃO MÉDIA	TEMPO AMOST.	VOL. AR	PESO BRUTO	PESO TARA	PESO LÍQ.	
DIA	MÊS	ANO		μg/m³		n°	m³/min	min	m³	g	g	g	OBSERVA-ÇÕES
01	*06*	*00*		*86,3*		*10003*	*0,1826*	*1.440*	*262,9*	*0,5208*	*0,4981*	*0,0227*	
												Assinatura

Figura 5.3 Exemplo de Folha de Registro das Amostragens

6.0 OPERAÇÕES DE AMOSTRAGEM

6.1 Local de Amostragem

O local de amostragem do equipamento deve ser escolhido com o assessoramento de um especialista em poluição do ar.

6.2 Operações de Amostragem

6.2.1 Considerações sobre Temperatura e Pressão

Para o cálculo da vazão média (Q_p) durante a amostragem com o ***HANDI-VOL***, tem-se que conhecer a temperatura ambiente média (T_3) e a pressão barométrica média (P_3) durante operíodo de amostragem.

6.2.2 Antes de Ir para o Campo

1) Junte o seguinte material:

   - Filtro, previamente identificado e pesado,
   - Folha de campo (Ver Figura 5.1),
   - Termômetro,
   - Barômetro,
   - Relógio de precisão,
   - Caneta, papel extra para anotações e uma prancheta,
   - Chave de fenda e outras ferramentas eventualmente necessárias.

2) Inspecione o filtro e veja se está identificado (na borda, do lado menos rugoso) e se não há furos, rasgos ou outras irregularidades. Caso encontre irregularidades, rejeite o filtro e selecione outro. Anote o número de identificação do filtro selecionado no formulário de campo.

   Nota: Todo filtro tem seu lado "de cima", no qual o material particulado deve ser depositado. Para os filtros relacionados na Seção 5.0, fornecidos pela ENERGÉTICA, o lado "de cima" é o mais áspero. Recomenda-se ao usuário solicitar ao laboratório que imprima a identificação do filtro no lado "debaixo" do mesmo. Esta providência permitirá acesso ao número de identificação quando o filtro estiver dobrado (pós-amostragem) e também dará ao usuário um método seguro de determinar o lado "de cima" do filtro.

3) Utilize, de preferência, os seguintes invólucros protetores para levar o filtro: primeiramente, coloque-o numa bolsa de plástico; esta, por sua vez, coloque dentro de uma pasta de arquivo; e esta, por sua vez, dentro de um envelope reforçado. Nota: Alguns usuários mandam colar, ou mesmo imprimir, a Folha de Campo (Figura 5.1) no envelope protetor.

6.2.3 No Campo, Antes da Amostragem

1) Juntamente com o ***HANDI-VOL***, leve o material de monitoramento (filtro, formulários etc.) para o local de amostragem.

2) Solte os quatro manípulos de aperto do porta-filtro e retire a moldura de aperto do filtro. Inspecione a tela do porta-filtro e remova quaisquer depósitos ou material estranho, caso existam. Utilize um pano umedecido, tendo o cuidado de não deixar úmida a superfície.

3) Inspecione a junta de vedação da moldura de aperto do filtro, e veja se não há danos ou compressão. Substitua-a, se necessário, antes de iniciar a amostragem.

4) Coloque, com cuidado e bem centralizado, o filtro novo (identificado e já pesado), com o lado rugoso para cima, diretamente sobre a tela de arame.

5) Aperte os quatro manípulos de aperto, o suficiente para evitar entrada falsa entre o filtro e a moldura de aperto. O aperto dos manípulos deve ser de dois-a-dois, diagonal e simultaneamente, a fim de obter compressão uniforme da junta. Evite apertar os manípulos excessivamente, pois poderá causar a colagem do filtro no porta-filtro ou danificar permanentemente a junta.

6) Certifique-se de que o aparelho esteja conectado a uma fonte externa de alimentação (somente 110 V). Certifique-se também de que a mangueira do rotâmetro esteja conectada ao espigão do porta-motor.

7) Verifique o rotâmetro. Veja se está na vertical e bem fixado na sua aba de suporte.

8) Anote, no formulário de campo (Figura 5.1), os seguintes dados iniciais:

- Identificação do ***HANDI-VOL***,
- Local do ***HANDI-VOL***,
- Data da última calibração do ***HANDI-VOL,***
- Identificação do filtro,
- Temperatura ambiente,
- Pressão barométrica no local,
- Leitura inicial do relógio,
- Peso inicial do filtro (caso não tenha sido anotado pelo pessoal do laboratório).

9) Ligue o aparelho e dispare o cronômetro. Após 5 minutos de funcionamento, necessários para equilíbrio térmico, verifique se a esfera do rotâmetro está flutuando em torno do 3 da escala. Anote a leitura inicial do rotâmetro e o início da amostragem no formulário de campo.

Veja, na Figura 6.1a, a folha de campo preenchida com os dados iniciais do campo.

6.2.4 No Campo, Após a Amostragem

1) Ao retornar ao local de amostragem para recolher o filtro, não esqueça de levar o seguinte material:

- Invólucros protetores para o filtro com coleta,
- Formulário de campo com os dados iniciais (Figura 6.1a),
- Termômetro,
- Barômetro,
- Relógio de precisão (caso não tenha ficado junto ao amostrador)
- Miscelânea (prancheta, material de limpeza etc.)

2) Antes de desligar o ***HANDI-VOL***, faça a leitura do rotâmetro. E anote-a na Figura 6.1a.

3) Certificando-se de que tem à mão o mesmo relógio, desligue o amostrador e anote a hora de término da amostragem no formulário.

4) Retire a moldura de aperto do filtro, soltando os quatro manípulos. Remova o filtro, segurando-o cuidadosamente pela borda.

5) Cheque o filtro, vendo se não há sinais de passagens de ar, que podem resultar de juntas da moldura gastas ou mal instaladas.

HANDI-VOL – AMOSTRAGEM Formulário de Registro de Dados	Número:	
	Data:	*13/09/12*
	Executante:	*Maria*
	Conferencista:	*José*

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOLN°	*HDC-0072*	ROTÂMETRO N°	*MMA-23*

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local:	*Rio de Janeiro*		N° estação	*B3*
Período nominal de amostragem:	*4* horas			
Período de amostragem:	Data – início:	*13/09/12*	Data – final:	*13/09/12*
	Hora – início:	*12:00*	Hora – final:	

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (*P_3* ou *P_s*):		mmHg	Temp. média (*T_3* ou *T_s*):		ºC

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (*P_p*):		mmHg	Temp. CONAMA (*T_p*):		ºC

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Data da última calibração: *11/09/12*

a_2 =	*19,7322*	b_2 =	*-1,3326*	r_2=	*0,9918*

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Leitura do rotâmetro (nível da esfera):	Inicial:	*3,1*	Final:	
Leitura do cronômetro	Inícial:	*00:00,00*	Final:	

DADOS DA PESAGEM

Peso inicial do filtro (M_i):	*0,4981*	*Ident. Filtro:*	*12/0001*
Peso final do filtro (M_f):			

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado conforme programação?	Sim		Não	
A vazão se manteve na faixa de 200 a 300 L/min?	Sim		Não	
A esfera está flutuando livremente no rotâmetro?	Sim		Não	
Motoaspirador e escovas em boas condiçõe?s	Sim		Não	
As juntas do filtro e do motor em boas condições e bem apertadas?	Sim		Não	

OBSERVAÇÕES

Não houve qualquer evento incomum durante a amostragem

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 6.1a Folha de Campo com Dados Iniciais do Campo

6) Inspecione visualmente a superfície da junta da moldura de aperto e veja se não há fibras de vidro desgarradas do filtro em decorrência de aperto demasiado dos manípulos, bem como se não há rasgos no filtro ao longo da borda interna da junta da moldura.

7) Veja se não há danos físicos no filtro que possam ter surgido durante ou após a amostragem. Danos físicos ocorridos após a amostragem não invalidam a amostra contanto que todos os pedaços do filtro sejam colocados no invólucro protetor. Entretanto, passagens de ar no filtro durante o período de amostragem ou perda de partículas soltas após a amostragem (por exemplo, quando da dobra do filtro) podem invalidar a amostra.

8) Verifique a aparência das partículas coletadas. Quaisquer alterações na cor normal, por exemplo, podem ser indicativas de novas fontes de emissão ou de atividades de construção na área. Anote qualquer alteração observada, além de quaisquer razões óbvias para a alteração.

9) Dobre o filtro ao meio, com o lado da coleta para dentro. Caso a amostra coletada não esteja centrada no filtro (por exemplo, a borda não exposta ficou disforme em redor do filtro), dobre o filtro de modo que só área de depósito toque área de depósito. A não instalação adequada do filtro pode, por exemplo, prejudicar amostragens para a determinação de metais, onde o filtro tem que ser cortado em partes iguais.

10) Coloque o filtro nos seus invólucros protetores (saco de plástico, pasta e envelope reforçado).

11) Observe as condições nas proximidades do local de monitoramento e registre quaisquer atividades incomuns que possam ter afetado a amostragem.

12) Anote, no formulário de campo (Figura 6.1a), os seguintes dados:

- Término da amostragem,
- Leitura final do rotâmetro,
- Leitura final do relógio,
- Temperatura ambiente média no local durante o período de amostragem,
- Pressão barométrica média no local durante o período de amostragem,
- Condições da amostragem, inclusive eventuias anormalidades nas cercanias.

Veja, na Figura 6.1b, como fica a folha de campo após preenchida com os dados pós-amostragem.

13) Leve o filtro para o laboratório e entregue-o ao responsável pela guarda das amostras.

6.2.5 Manuseio Pós-Amostragem do Filtro

Caso a amostra não seja analisada imediatamente, o encarregado deve manter o filtro dentro dos invólucros protetores, a fim de minimizar perdas de partículas voláteis.

6.2.6 Análise do Filtro e Cálculo das Concentrações de Partículas

A análise pós-amostragem de filtros é discutida na Seção 7.0. O cálculo das concentrações de partículas é tratado na Subseção 8.2.

6.3 Documentação

A guarda de registros é uma parte crítica de um programa de garantia da qualidade (GQ). A documentação cuidadosa dos dados de amostragem poderá salvar dados que, ao contrário, poderão perder-se.

HANDI-VOL – AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	
Data:	*13/09/12*
Executante:	*Maria*
Conferencista:	*José*

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOLN°	*HDC-0072*	ROTÂMETRO N°	*MMA-23*

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local:	*Rio de Janeiro*	N° estação	*B3*

Período nominal de amostragem: *4* horas

Período de amostragem:				
	Data – início:	*13/09/12*	Data – final:	*13/09/12*
	Hora – início:	*12:00*	Hora – final:	*16:00*

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (P_3 ou P_s): *758* mmHg Temp. média (T_3 ou T_s): *28* ºC

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): *760* mmHg Temp. CONAMA (T_p): *25* ºC

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Data da última calibração: *11/09/12*

a_2 =	*19,7322*	b_2 =	*-1,3326*	r_2=	*0,9918*

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Leitura do rotâmetro (nível da esfera):	Inicial:	*3,1*	Final:	*2,9*
Leitura do cronômetro	Inícial:	*00:00,00*	Final:	*04:00,00*

DADOS DA PESAGEM

Peso inicial do filtro (M_i):	*0,4981*	*Ident. Filtro:*	*12/0001*
Peso final do filtro (M_f):			

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado conforme programação?	Sim	*X*	Não	
A vazão se manteve na faixa de 200 a 300 L/min?	Sim	*X*	Não	
A esfera está flutuando livremente no rotâmetro?	Sim	X	Não	
Motoaspirador e escovas em boas condiçõe?s	Sim	X	Não	
As juntas do fioltro e do motor em boas condições e bem apertadas?	Sim	X	Não	

OBSERVAÇÕES

Não houve qualquer evento incomum durante a amostragem

Ass. Executante Ass. Conferencista

Figura 6.1b Folha de Campo com Dados Finais do Campo

7.0 ANÁLISES DOS FILTROS COM COLETA

7.1 Inspeção dos Filtros com Coleta

Ao receber uma amostra (filtro com coleta) do campo, obedeça o seguinte procedimento:

1) Examine a folha de campo (Figura 6.1b). Determine se todos os dados necessários para verificar a validade das amostras e para calcular a concentração mássica estão disponíveis (isto é, temperatura ambiente, pressão barométrica no local e tempo decorrido de amostragem). Anule a amostra caso estejam faltando dados ou estes não tenham sido entregues pelo operador de campo, ou haja evidência de defeito no amostrador.

2) Caso o filtro com coleta tenha sido acondicionado para remessa, remova o filtro de seus sacos de plástico e envelope protetores e examine estes invólucros. Caso tenha havido desprendimento de material do filtro, recupere-o, tanto quanto possível, dos invólucros para a área de depósito do filtro, usando para isso uma escova de cabelo bem macia.

3) Compare o número de identificação do filtro com o correto formulário de dados de laboratório (Figura 5.2), no qual o número de identificação da balança, o número de identificação do filtro, a tara do filtro e outras informações originais estão inscritas. O encarregado pela guarda de filtros deve agrupar os filtros de acordo com os seus números de identificação registrados por balança. A separação inicial de filtros por número de identificação por balança reduz a probabilidade de um erro de pesagem que possa resultar do uso de diferentes balanças para as determinações de taras e de pesos brutos.

4) Remova o filtro – normalmente dobrado - dos seus invólucros. Remova-o com cuidado. Inspecione-o e veja se não há danos surgidos durante a amostragem. Caso haja insetos incrustados no depósito da amostra, remova-os com pinças com pontas de teflon, mexendo o menos possível no depósito da amostra.

5) Coloque os filtros sem defeitos novamente nos invólucros protetores e os encaminhe para pesagem e análise no laboratório. Arquive as folhas de dados, para cálculos posteriores da concentração mássica.

6) Coloque os filtros defeituosos, com a relação dos defeitos ocorridos, em invólucros limpos e separados, etiquete os invólucros e entregue-os ao supervisor do laboratório para aprovação final ou não da validade do filtro.

7.2 Equilibração do Filtro

Os filtros com coleta devem ser equilibrados e pesados da mesma forma que os filtros sem coleta, ou seja, num ambiente de condicionamento por um período de 24 h. Para os filtros com coleta, caso se suspeite de umidade elevada, o período de condicionamento pode ser estendido de 24 para até 48 horas. Veja a Subseção 5.4 e o Apêndice C com procedimentos detalhados para a equilibração de filtros.

7.3 Pesagem Final (Peso Bruto)

1) Pese os filtros com coleta na balança analítica com aproximação de um décimo de miligrama (0,1 mg). Veja, para orientação, os Passos 1 a 6 do procedimento de pesagem da tara (Subseção 5.5). Nota: Os filtros com coleta são normalmente pesados dobrados, com a coleta para dentro.

2) Caso possível, pese os filtros com a balança dentro da câmara condicionada. Caso contrário, certifique-se de que a balança esteja tão próxima quanto possível da câmara condicionada, onde esteja relativamente livre de correntes de ar e onde esteja à ou próxima à temperatura da câmara. A pesagem deve ser efetuada não mais de 30 s após a retirada dos filtros de dentro da câmara condicionada.

3) Realize as verificações de CQ das pesagens, a fim de se assegurar da validade das pesagens.

4) Anote o peso bruto do filtro na Folha de Controle das Pesagens (Figura 5.2) e na Folha de Campo da Amostragem (Figura 6.1b). Na Figura 7.1 mostra-se a folha de campo com o peso bruto anotado.

5) Caso o filtro não tenha que ir para análises adicionais, coloque-o em invólucros protetores e entregue-o ao responsável pela guarda de filtros, para serem arquivados.

6) Por outro lado, caso o filtro tenha que ir para análises adicionais, coloque-o, igualmente, em invólucros protetores (sacos de plástico, pasta e envelope reforçado). Certifique-se de que as análises adicionais exigidas estejam anotadas no envelope. Cuidadosamente remeta cada filtro envelopado para o responsável pela guarda de filtros, que o encaminhará para o laboratório responsável pelas análises adicionais.

7.4 Cálculo da Carga Líquida de Material Particulado no Filtro

O peso bruto menos a tara do filtro de partículas é o peso líquido de partículas para aquele filtro. Cada cálculo deste processo deve ser independentemente validado. A Seção 8.0 trata dos procedimentos de cálculo da concentração mássica de partículas.

HANDI-VOL – AMOSTRAGEM Formulário de Registro de Dados		
	Número:	*12/001*
	Data:	*13/09/12*
	Executante:	*Maria*
	Conferencista:	*José*

DADOS DO EQUIPAMENTO			
HANDI-VOLN°	*HDC-0072*	ROTÂMETRO N°	*MMA-23*

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM					
Local:	*Rio de Janeiro*		N° estação	*B3*	
Período nominal de amostragem:	*4*	horas			
Período de amostragem:	Data – início:	*13/09/12*	Data – final:	*13/09/12*	
	Hora – início:	*12:00*	Hora – final:	*16:00*	

DADOS AMBIENTAIS					
Pressão barom. média (P_3 ou P_s):	*758*	mmHg	Temp. média (T_3 ou T_s):	*28*	ºC
Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica					
Pressão barom. CONAMA (P_p):	*760*	mmHg	Temp. CONAMA (T_p):	*25*	ºC

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR					
Data da última calibração:	*11/09/12*				
a_2 =	*19,7322*	b_2 =	*-1,3326*	r_2=	*0,9918*

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO				
Leitura do rotâmetro (nível da esfera):	Inicial:	*3,1*	Final:	*2,9*
Leitura do cronômetro	Inícial:	*00:00,00*	Final:	*04:00,00*

DADOS DA PESAGEM		
Peso inicial do filtro (M_i):	*0,4981*	*Nº do filtro:*
Peso final do filtro (M_f):	*0,5008*	*12/0001*

CONTROLE DA QUALIDADE				
Amostrador recalibrado conforme programação?	Sim	*X*	Não	
A vazão se manteve na faixa de 200 a 300 L/min?	Sim	*X*	Não	
A esfera está flutuando livremente no rotâmetro?	Sim	*X*	Não	
Motoaspirador e escovas em boas condiçõe?s	Sim	*X*	Não	
As juntas do fioltro e do motor em boas condições e bem apertadas?	Sim	*X*	Não	

OBSERVAÇÕES
Não houve qualquer evento incomum durante a amostragem

Ass. Executante | Ass. Conferencista

Figura 7.1 Folha de Campo com Dados até Pesagem Final

8.0 CÁLCULOS E DOCUMENTAÇÃO

8.1 Cálculo do Volume de Ar

O volume de ar amostrado é dado por:

$$V_p = Q_{pm}\, t \qquad \text{(Eq. 8.1)}$$

onde:

V_p = volume de ar amostrado em condições padrão, m^3.
Q_{pm} = vazão média deslocada pelo ***HANDI-VOL***, em condições padrão, m^3/min.
t = tempo decorrido da amostragem, medido com um cronômetro, min.

A vazão média, Q_{pm}, é a média das vazões calculadas no início e no fim da amostragem, em função, respectivamente, dos níveis *N* do rotâmetro anotados.

As vazões Q_p, no início e no fim da amostragem, são determinadas a partir da curva de calibração do ***HANDI-VOL*** (ver exemplo na Figura 4.2) pela equação de regressão.

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(N\sqrt{\left(\frac{P_3}{Pp}\right)\left(\frac{Tp}{T_3}\right)} - b_2 \right) \qquad \text{(Eq. 4.3)}$$

onde

N = nível da esfera do rotâmetro
P_3 = pressão barométrica média durante a amostragem, mmHg
P_p = 760 mmHg
T_p = 298 K
T_3 = temperatura ambiente média durante a amostragem, K
a_2 = inclinação da reta de calibração do amostrador
b_2 = intercepto da reta de calibração do amostrador.

No exemplo da Figura 4.2, a_2 = 11,8765 e b_2 = 0,7316.

8.2 Concentração de Partículas

De posse do peso do material particulado retido no filtro e do volume total do ar que passou no filtro, calcula-se a concentração do particulado (em microgramas por m^3), simplesmente dividindo o primeiro valor pelo segundo, ou seja:

$$C_p = \frac{\left(M_f - M_i\right)\times 10^6}{V_p} \qquad \text{(Eq. 8.2)}$$

onde

C_p = Concentração mássica de material particulado em suspensão para condições padrão, μg/m^3
M_f = peso final do filtro, g
M_i = peso inicial do filtro, g
V_p = volume de ar amostrado para condições padrão, m^3
10^6 = conversão de g para μg

Caso desejado, a concentração de material particulado real pode ser calculada por:

$$C_r = C_p\left(\frac{P_3}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_3}\right) \qquad \text{(Eq. 8.3)}$$

onde

C_r = concentração real nas condições no local de amostragem, μg/m^3
C_p = concentração mássica de material particulado em suspensão para condições padrão, μg/m^3
P_3 = pressão barométrica média durante a amostragem, mm Hg
P_p = 760 mm Hg
T_3 = temperatura ambiente média durante a amostragem, K
T_p = 298 K

8.3 Documentação dos Dados

Os cálculos finais, a partir dos dados da Folha de Campo da Amostragem (Figura 7.1), de preferência, ser realizados numa planilha de cálculos em excel. A planilha de cálculos, com exemplo, está mostrada na Figura 8.1.

Por fim, a ENERGÉTICA recomenda o formulário da Figura 8.2 para registro das amostragens, um para cada local.

A ENERGÉTICA recomenda que o usuário mantenha guardados, de forma organizada e controlada, pelo menos os seguintes documentos:

- Folha de campo da amostragem
- Folha de registro das amostragens
- Folha de controle das pesagens
- Certificado de calibração do amostrador
- Certificado de calibração do calibrador padrão de vazão (CPVMV)
- Filtros com coleta

Planilha de Amostragem - HANDI-VOL

Dados da Amostragem					
N° da Amostragem:	12/001	Período:	13/09/12	a	13/09/12
N° do Amostrador:	HDC-0072	Hora:	12:00	a	16:00
Local:	B3	Duração:	04:00	horas (cronômetro)	
N° Filtro:	1017/07	Tipo:	Fibra de vidro		

Dados da Calibração do HANDI-VOL					
Calibrado c/ CPVMV N°:	0038	Última calibração do HANDI-VOL:	11/09/12		
Inclinação (a_2):	19,7322	Intecepto (b_2):	-1,3326	Correlação (r_2):	0,9918

ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T_3):	28	°C	301	K	T_p= 298 K
Pressão barométrica média (P_3):	758	mm Hg			P_p= 760 mmHg
Tempo decorrido de amostragem:	240,00	min	Obs.: utilize um relógio de precisão		

Dados da Vazão

	Nível N	Vazão	
Vazão Inicial:	3,1	0,2236	m^3/min
Vazão Final:	2,9	0,2136	m^3/min
Média Vazão (Q_p):		0,2186	m^3/min

$$Q_p = \frac{1}{a_2}\left(N\sqrt{\left(\frac{P_3}{760}\right)\left(\frac{298}{T_3}\right)} - b_2\right)$$

Dados do Volme

Período de amostragem (θ):	240,00	min
Vazão média durante amostragem (Q_p):	0,22	m^3/min
Volume total de ar em condições padrão (V_p):	52,47	m^3

$$V_p = Q_p \, x \, \theta$$

Dados da Pesagem

Peso inicial (M_i):	0,4981	g
Peso final (M_f):	0,5008	g
Peso líquido (M_l):	0,0027	g

Vp

Dados da Concentração de Partículas em Suspensão

Concentração (C):	51,46	µg/m^3

$$C = \left(\frac{M_l}{V_p}\right)10^6$$

OBSERVAÇÕES (anormalidades durante a amostragem)

____

____

Responsável: ____________________ Data: ________________

Figura 8.1 Planilha de Amostragem do HANDI-VOL

FOLHA DE REGISTRO DAS AMOSTRAGENS

LOCAL AMOSTRADOR Estação b3 Rua Belisário, 23 - Itaperuna - RJ	**AMOSTRADOR n°** *HDC-0028*

DATA				CONC.		FILTRO	VAZÃO MÉDIA	TEMPO AMOST.	VOL. AR	PESO BRUTO	PESO TARA	PESO LÍQ.	OBSERVAÇÕES
DIA	MÊS	ANO		μg/m³		n°	m³/min	min	m³	g	g	g	
01	*06*	*00*		*86,3*		*10003*	*0,1826*	*1.440*	*262,9*	*0,5208*	*0,4981*	*0,0227*	
													Assinatura

Figura 8.2 Exemplo de Folha de Registro das Amostragens

9.0 MANUTENÇÃO

O ***HANDI-VOL*** é um instrumento simples e de fácil manutenção. Os seguintes componentes requerem cuidados:

- Porta-filtro/Motor
- Motoaspirador e suas escovas
- Rotâmetro
- Cabo elétrico

9.1 Porta-Filtro/Motor

1. Inspecione, a cada período de amostragem, a tela do filtro e a junta do porta-filtro. Remova quaisquer depósitos na tela do filtro e substitua as juntas, se necessário.

2. Verifique a integridade do porta-motor (de fibra de vidro) e seu sistema de suporte (de alumínio).

9.2 Motoaspirador

9.2.1 Considerações Gerais

Algumas considerações importantes, antes de entrar no procedimento de manutenção do motor:

* A ENERGÉTICA só fornece ***HANDI-VOL*** para 110 V. Entretanto, o motoaspirador utilizado é de 240 V. A razão para isso está explicada na Seção 3.3.

* Tanto o coletor (comutador) do motoaspirador quanto suas escovas sofrem, por centelhamento entre eles, um desgaste natural quando em uso. É imperativo, a fim de evitar não só riscos de dano ao motor como também perdas de amostragem, que o usuário os troque antes que se desgastem totalmente. Para isso, o usuário deve estabelecer uma programação de manutenção preventiva. Uma programação conservadora é apresentada nas Subseções 9.2.5 e 9.2.6.

* Pode-se tentar obter maior rendimento do motor e das escovas, mas, para isso, ter-se-á que acompanhar visualmente o desgaste dos mesmos, o que implica remover periodicamente o motoaspirador do cilindro. Este processo é trabalhoso, mas traz o benefício de tornar o usuário familiarizado com o processo de desgaste do coletor e das escovas. Ele poderá, por exemplo, em cada inspeção, examinar o comprimento restante das escovas. Nota: A ENERGÉTICA recomenda trocar as escovas tão logo seu comprimento (do carvão) se reduza a menos de 3 milímetros.

* Aconselha-se ao usuário a não tentar, após desgaste total do coletor, repará-lo ou trocá-lo. Dificilmente o coletor poderá ser reparado. Nem sua troca por um original é aconselhável, visto que o motor se desbalanceia com o uso, não permitindo mais obter-se bom rendimento do coletor e das escovas de reposição. Em suma, o motor deverá ser simplesmente descartado após desgaste total de seu coletor.

* Muitos usuários são impactados pelos desgastes usuais do motor e de suas escovas. Entretanto, este fato tem que ser encarado e recomendamos acostumar-se com a idéia de que o motor e as escovas de reposição, devido à regularidade com que se desgastam, são como material de “consumo” - e não como material de “reposição”-. De fato, caso o usuário faça um levantamento do custo de uma amostragem, deverá chegar à conclusão de que a participação do motor e das escovas no custo total é comparável ou mesmo menor do que a de filtros, cartas e penas.

9.2.2 Remoção do Motoaspirador

Para abrir o porta-motor, a fim de trocar escovas ou reparar o motor, proceda da seguinte maneira:

1. Desconecte do espigão do porta-motor a extremidade da mangueira que se dirige ao rotâmetro.

2. Desconecte o cabo elétrico do motor, retirando o plug da tomada de prolongamento. Caso o cabo do motor esteja passando por um furo na perna do ***HANDI-VOL***, desconecte o plug de seu cabo e retirar este do furo.

3. Afrouxe os 2 parafusos de aperto da cinta do cilindro. Afrouxe bem, e, cuidadosamente, retire a cinta, deslizando-a cuidadosamente para trás, ao longo do cilindro e do tubo de alça.

4. Utilizando duas chaves de boca, afrouxe os 6 parafusos das flanges, tendo o cuidado de, com uma mão, segurar o porta-motor. Cuidado para não danificar as juntas das flanges. Retire o porta-motor e leve-o a uma mesa ou bancada.

5. Sobre a mesa ou bancada, solte a porca do prensa-cabo na saída do cabo elétrico no cilindro, de modo que o cabo elétrico possa mover-se pelo respectivo furo no cilindro. Para a troca das escovas, não é necessário remover todo o cabo elétrico. Isto seria necessário apenas quando se tiver que remover o motoaspirador totalmente, seja para reparo ou para descarte. Neste caso, ter-se-ia que desconectar o plug do cabo elétrico e remover a porca, a bucha e a arruela do prensa-cabo. Em assim fazendo, remove-se todos os empecilhos para que o cabo passe totalmente pelo furo no cilindro.

6. Empurre suavemente o cabo elétrico para o interior do cilindro até topar nos componentes do prensa-cabo e do pino elétrico.

7. Retire o moto-aspirador do porta-motor. Se necessário, use uma chave de fenda em volta do moto-aspirador para desprendê-lo do interior do cilindro. Ao remover o moto-aspirador, faça isso lentamente, puxando cuidadosamente o cabo através do furo no cilindro.

8. Ponha o motoaspirador na mesa ou bancada, numa posição (com o motor para cima) de modo a se ter acesso às suas escovas.

9.2.3 Troca de Escovas e Limpeza do Coletor

1. Apoiando o motor na bancada, desaparafuse, com uma chave philips, as abraçadeiras das escovas e solte-as. Em seguida, com uma chave de fenda, retire cuidadosamente o terminal do fio que se encaixa na fenda na parte superior da escova. Cuidado para não quebrar o carvão!

2. Cheque o comprimento das escovas. Caso já estejam totalmente gastas (menos que 3 mm), troque-as por novas. Nota: Sempre troque ambas.

3. Caso seja necessário trocar escovas, amacie as novas, antes de colocar o motor de volta no porta-motor. O amaciamento tem como objetivo obter máximo desempenho (vida útil) do motor e das escovas. Com o amaciamento, reduz-se significativamente o centelhamento, e conseqüentemente o desgaste adicional das escovas, que ocorreria nos primeiros momentos de operação caso as escovas não fossem amaciadas. O procedimento de amaciamento consiste em operar o motor com voltagem reduzida a 50 % por pelo menos 30 minutos. Visto ser difícil realizar a operação de amaciamento com

o motor instalado no amostrador, ela deve ser feita com o motor na bancada. A redução da voltagem pode ser obtida com um variador de potência ou com um variac. Caso não não possua nenhum desses instrumentos, o usuário poderá ligar o motor em série com outro similar.

Atenção: Não ligue o ***HANDI-VOL*** diretamente na tomada sem antes amaciar as escovas, pois isso poderá reduzir significativamente a vida útil do motor.

4. Instale as escovas novas, observando que elas possuem um pequeno ressalto para encaixe na sua sede no motor. O ressalto fica para baixo. Coloque o terminal do fio na fenda da escova nova, reponha as abraçadeiras e aperte os parafusos com a chave philips.

5. Aproveite a troca de escovas e verifique as condições da superfície do coletor. Caso não esteja completamente gasto ou não seja ainda a hora de trocar o motor (segundo programação preventiva), limpe-o. Para isso, utilize um estilete para, cuidadosamente, remover limalha ou outras impurezas incrustadas nas fendas do coletor e passe uma lixa d'água fina para limpar a superfície do coletor. Caso contrário, troque o motor por um outro completamente novo.

9.2.4 Reinstalação do Motoaspirador

1. Antes de colocar o motoaspirador de volta ao cilindro, remova seu assento (conjunto borracha e anel de alumínio) de dentro do cilindro e verifique suas condições. Caso esteja bastante amassado, troque-o por um novo. Atenção: é imprescindível que o assento do moto-aspirador esteja em boas condições, a fim de impedir refluxo de ar, de baixo para cima, por entre o motoaspirador e as paredes do cilindro. Verifique também as condições da junta (anel de borracha) de vedação do cilindro com o porta-filtro. Troque-a, caso esteja muito amassada.

2. Aloje o assento do motoaspirador no cilindro, de modo que fique bem apoiado no batente circular no interior do cilindro. Em seguida, coloque o motoaspirador no cilindro, cuidadosamente, puxando, paulatinamente, o cabo elétrico para fora, de modo que a sua parte dentro do cilindro não fique próximo às partes em movimento do motor. O motoaspirador deve ficar bem pousado no seu assento.

3. Com uma mão, segure o cilindro (já com o motoaspirador dentro) e, com a outra, coloque a borracha de vedação sobre a flange do cilindro. Em seguida, acople, enfiando os 6 parafusos nos respectivos furos da flange do porta-filtro, o cilindro ao porta-filtro e, finalmente, coloque e aperte as 6 porcas de aperto. Utilize duas chaves de boca para o aperto. À medida que for apertando as porcas, observe se a junta permanece bem colocada. Deve-se ter o cuidado de apertar as 6 porcas por igual, a uma pressão tal que se assegure de que não haja entrada falsa de ar.

4. Reponha a cinta de aperto do porta-motor e aperte os dois parafusos.

7. Encaixe o plug elétrico do motor na tomada de prolongamento.

9.2.5 Troca de Escovas

1. Troque as escovas antes do seu desgaste total, pois poderá danificar o coletor. A velocidade com que as escovas se gastam é função das condições de trabalho das mesmas, ou sejam, amaciamento prévio, condições do coletor, voltagem de trabalho, altas flutuações ou não na voltagem de linha etc. Recomenda-se trocar as escovas toda vez que se reduzirem a 3 mm de comprimento. Isso implica a abertura freqüente do cilindro do moto-aspirador para verificação do comprimento das escovas, ação esta indesejável por muitos usuários.

2. Caso o usuário não se importar em reduzir ao máximo as despesas com escovas, recomenda-se a programação preventiva de trocas apresentada na Tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Programação Preventiva de Trocas de Escovas

Para Moto-aspirador LAMB312 ou LAMB111 (240 V):	
Escovas	**Freqüência de Trocas**
Originais	A cada 1200 horas ou a cada 50 amostragens de 24 horas
De reposição	A cada 1000 horas ou a cada 44 amostragens de 24 horas
Atenção: Os números recomendados acima pressupõem cuidados com o motor e suas escovas, tais como amaciamento de escovas e limpeza adequada do coletor.	

9.2.6 Descarte do Motoaspirador

1. Dependendo das condições de operação, o coletor pode durar mais de 3 mil horas. A vida útil média poderá ser determinada pelo usuário, após adquirir experiência na operação e manutenção do amostrador. O local do amostrador, particularmente devido às condições da voltagem de linha, é também determinante na vida útil do motoaspirador.

2. Caso o usuário não se importe em reduzir ao máximo as despesas com o motor, recomenda-se a programação preventiva para o descarte do motor apresentada na Tabela 9.2.

Tabela 9.2 – Programação Preventiva para Descarte do Motor

Para Moto-aspirador LAMB312 ou LAMB111 (240 V):
Freqüência de Descarte:
Após a troca da segunda reposição de escovas. Isto se daria após aproximadamente 134 amostragens de 24 horas, ou 3.200 horas.

9.3 Rotâmetro

1 Inspecione o rotâmetro a cada período de amostragem. Verifique se o rotâmetro continua bem fixado ao suporte e alumínio. Certifique-se de que está na posição vertical.

3. Verifique se a esfera está flutuando, próximo ao nível pré-estabelecido de 3 na escala. Caso necessário, mexa na válvula do rotâmetro para checar a movimentação da esfera.

9.4 Cabos Elétricos e Conexões

1. Deve-se, a cada amostragem, verificar se não há quebras e dobras nos cabos elétricos e se não há conexões expostas. Não deixe que os cabos e tomadas fiquem imersos n’água.

APÊNDICE A

FOLHETO

HANDI-VOL ENERGÉTICA

APÊNDICE B

FOLHETO

ROTÂMETRO DWYER

APÊNDICE C

CÂMARA DE EQUILIBRAÇÃO (ABNT - NBR 13412)

1.0 ESQUEMA

A ABNT recomenda que a câmara para condicionamento e pesagem dos filtros seja fabricada conforme o esquema da Figura C.1.

2.0 ESPECIFICAÇÕES

A câmara deve atender às seguintes especificações:

1. Suas arestas devem ser vedadas com silicone ou outro material que mantenha boa vedação.
2. Deve ser mantida aos níveis de umidade recomendados na Subseção 5.4 para condicionamento dos filtros. Para tanto, é necessário que a sílica-gel seja colocada na câmara pelo menos 12 horas antes da colocação dos filtros na câmara.
3. Deve conter um higrômetro para verificação da umidade.
4. Deve possuir duas aberturas frontais que possibilitem a introdução das mãos do operador para pesagem dos filtros.
5. Deve possuir porta lateral com 30 cm x 30 cm para introdução dos filtros.
6. Deve possuir uma par de luvas tipo utilizado em incubadora hospitalar, fixadas nas aberturas mencionadas na alínea 4, de forma a evitar o contacto direto do operador com o interior da câmara.

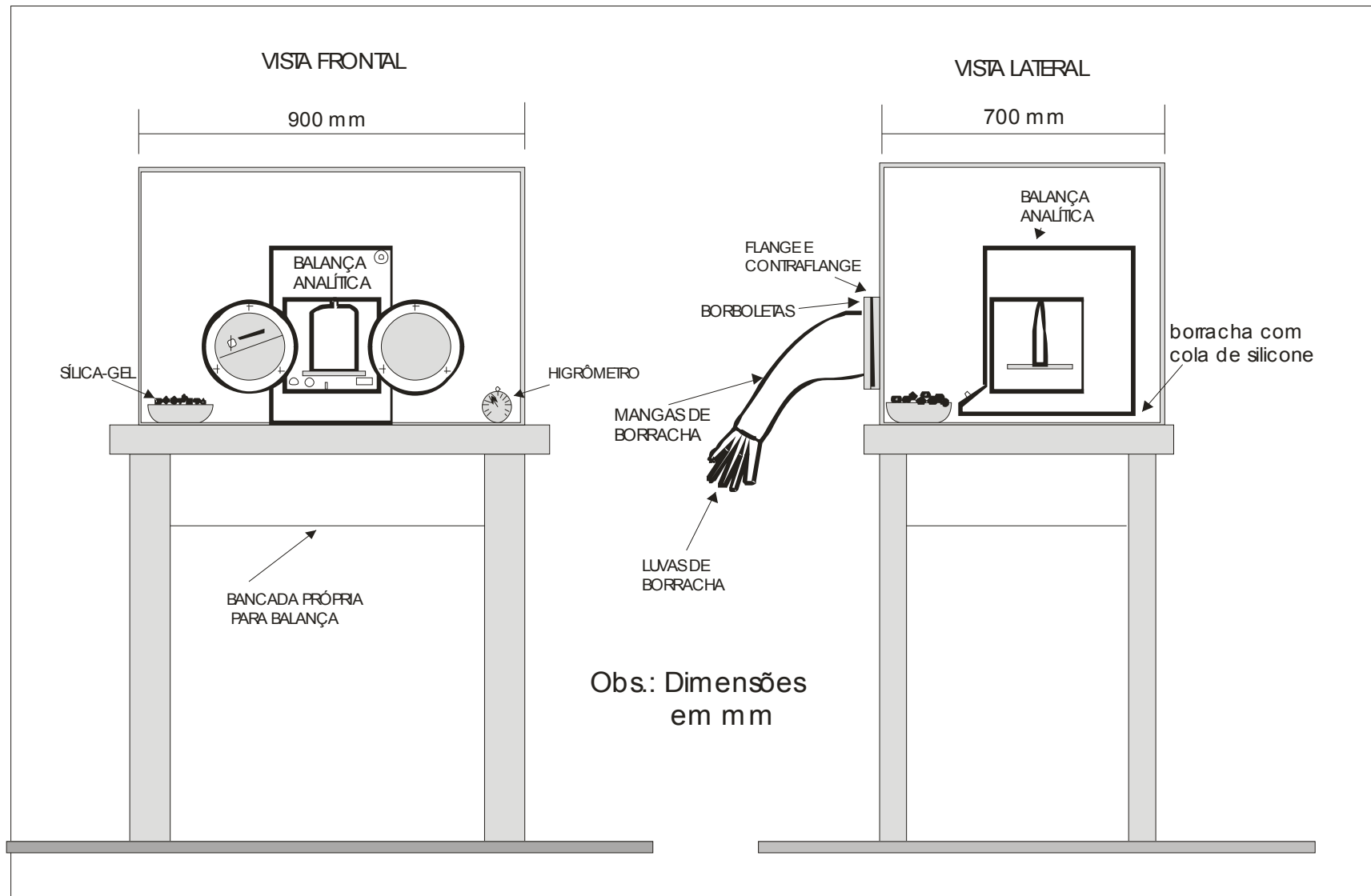



Figura C.1 Câmara para Condicionamento e Pesagem de Filtros

APÊNDICE D

FORMULÁRIOS

1.0 INTRODUÇÃO

Formulários em branco são fornecidos nas próximas páginas para conveniência do usuário deste manual. Cada formulário retém seu respectivo número de figura do texto.

Os seguintes formulários estão incluídos neste apêndice.

Formulário	Título
4.2	Formulário de Calibração do ***HANDI-VOL***
5.1	Folha de Campo da Amostragem
5.2	Folha de Controle das Pesagens
5.3	Folha de Registro das Amostragens

HANDI-VOL – GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO

Formulário de Registro de Dados

Número:
Data:

Executante:
Conferencista:

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOL N° | ROTÂMETRO N°

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local: | Data: | Hora:

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2): mm Hg | Temperatura (T_2): °C

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n° | Data de validade:

Termômetro n° | Data de validade:

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV: | Data última calibração

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1: | Intercepto b_1: | Correlação r_1:

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial CPV - dH_c (cm H_2O)		Nível do Rotâmetro (N)
	p/cima	p/baixo	
15			
13			
11			
9			
8			

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 4.2 Formulário de Registro de Dados – Geração da Relação de Calibração do HANDI-VOL

HANDI-VOL – AMOSTRAGEM Formulário de Registro de Dados	Número:	
	Data:	
	Executante:	
	Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

HANDI-VOLN°		ROTÂMETRO N°	

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local:		N° estação	

Período nominal de amostragem:	*4*	horas		
Período de amostragem:	Data – início:		Data – final:	
	Hora – início:		Hora – final:	

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (P_3 ou P_s):		mmHg	Temp. média (T_3 ou T_s):		ºC
Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica					
Pressão barom. CONAMA (P_p):	760	mmHg	Temp. CONAMA (T_p):	*25*	ºC

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Data da última calibração:

a_2 =		b_2 =		r_2=	

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Leitura do rotâmetro (nível da esfera):	Inicial:		Final:	
Leitura do cronômetro	Inícial:		Final:	

DADOS DA PESAGEM

Peso inicial do filtro (M_i):		*Nº do filtro:*
Peso final do filtro (M_f):		

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado conforme programação?	Sim		Não	
A vazão se manteve na faixa de 200 a 300 L/min?	Sim		Não	
A esfera está flutuando livremente no rotâmetro?	Sim		Não	
Motoaspirador e escovas em boas condiçõe?s	Sim		Não	
As juntas do fioltro e do motor em boas condições e bem apertadas?	Sim		Não	

OBSERVAÇÕES

Não houve qualquer evento incomum durante a amostragem

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 7.1 Folha de Campo com Dados até Pesagem Final

FOLHA DE REGISTRO DAS AMOSTRAGENS

LOCAL AMOSTRADOR	AMOSTRADOR n° *HDC-*

DATA				CONC. $\mu g/m^3$		FILTRO n°	VAZÃO MÉDIA m^3/min	TEMPO AMOST. min	VOL. AR m^3	PESO BRUTO g	PESO TARA g	PESO LÍQ. g	OBSERVA-ÇÕES
DIA	MÊS	ANO											
													Assinatura